

ZŁAMANIA ZMĘCZENIOWE – ZNACZENIE PRZERWY W AKTYWNOŚCI FIZYCZNEJ W ICH ZAPOBIEGANIU: STUDIUM PRZYPADKÓW W PRAKTYCE PORADNI MEDYCYNY SPORTOWEJ

STRESS FRACTURES – AN IMPORTANCE OF BREAK IN PHYSICAL ACTIVITY IN THEIRS PREVENTION: CASE STUDIES IN THE PRACTICE OF SPORTS MEDICINE CLINIC

Małgorzata Mazurek¹, Szymon Jabłoński¹, Wojciech Gawroński^{2,3}

¹ Studenckie Koło Naukowe Medycyny Sportowej, Wydział Lekarski, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

² Klinika Chorób Wewnętrznych i Gerontologii, Wydział Lekarski, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

³ Poradnia Medycyny Sportowej „Medicina Sportiva Practica”, Kraków

Streszczenie

Złamania zmęczeniowe, inaczej przeciążeniowe dość często występują u zdrowych sportowców uprawiających dyscypliny wytrzymałościowe oraz u zawodowych żołnierzy. Najczęściej, bo aż prawie w 16%, dotyczą osób uprawiających biegi długodystansowe. Są powodem od 1% do 20% wszystkich przyczyn zgłoszeń do lekarzy i klinik medycyny sportowej. W grę wchodzi sumowanie powtarzających się mikrourazów. W 80% złamania dotyczą kończyn dolnych - najczęściej występują w kości piszczelowej. W literaturze opisywane są również przypadki złamań zmęczeniowych w obrębie kończyn górnych oraz żeber występujące w sportach asymetrycznych, głównie wśród tenisistów i golfistów. Lokalizacja złamań zależy głównie od rodzaju uprawianej dyscypliny sportu, przy czym występują one z podobną częstotliwością tak u dzieci jak i osób dorosłych, a najczęściej występują u kobiet aktywnych sportowo. Ze względu na nietypowe i powoli narastające dolegliwości złamania zmęczeniowe bywają zbyt późno rozpoznawane, co ma bezpośredni wpływ na wyniki leczenia. W rozpoznawaniu podstawowe znaczenie mają badania obrazowe takie jak RTG, USG, MRI i TK czy scyntygrafia. Rola badań obrazowych wydaje się być kluczowa do trafnej diagnozy, z których największą czułością i swoistością cechuje się badanie MRI.

Leczenie złamań zmęczeniowych możemy podzielić na leczenie zachowawcze lub operacyjne. Wybór sposobu leczenia zależy od lokalizacji złamania i jego zaawansowania. Dobrze zebrany wywiad i wczesne rozpoznanie mają zasadniczy wpływ na wybranie optymalnego sposobu leczenia oraz bezpośrednio wpływają na czas powrotu do normalnego cyklu treningowego. W opisanych przypadkach mamy do czynienia z wystąpieniem złamania zmęczeniowego kości piszczelowej młodego sportowca oraz podejrzeniem złamania zmęczeniowego biegaczki z towarzyszącymi objawami triady zawodniczek.

Słowa kluczowe: złamania: przeciążeniowe, zmęczeniowe; złamanie kości piszczeli, MRI, triada lekkoatletyczek

Abstract

Stress, fatigue fractures are common injuries among healthy professional athletes, especially endurance sports athletes and professional soldiers. It can affect up to 16% of people who practice long-distance running. Also, states from 1% to 20% of all injuries treated by sports medicine clinics. Pathogenesis of stress fracture depends on summing up micro injuries and overloads which singly are not enough to break a bone but accumulated they leads to a complete fracture. Most commonly it affects bones of the lower limb (80%) but it canals occurs in bones of upper limbs or ribs, chiefly among golfers and tennis players. The localization of a fracture is result from a patient sports discipline. Stress fractures develop with a similar frequency in pediatric and adult population. Nowadays this injury is more often noticed among female than male athletes. Because of the slowly developing and uncharacteristic symptoms of the injury it sometimes is diagnosed with a delay. RTG, USG, MRI and CT are basic imaging examinations which can help to establish correct diagnosis. A Treatment of the stress fractures depends on its localization and severity score of RMI imaging and can be surgical or conservative. Accurate history taking, proper identification of risk factors and an early diagnosis are crucial for choosing an accurate treatment method and patient quick return to the normal sport activity. The article presents young athlete with stress fracture in tibial bone and a long-distance runner with the suspicion of a fatigue fracture with the accompanying symptoms of athletes' triad.

Key words: overuse fracture, fatigue fracture, tibial bone fracture, MRI, the athletes triad

Wprowadzenie

Złamania zmęczeniowe zwane również złamaniami przeciążeniowymi lub stresowymi, po raz pierwszy opisane przez M. Breithaupt w 1855 r. jako tzw. „złamanie marszowe”, na podstawie bolesności i obrzęku stóp u pruskich rekrutów poddawanych rygorystycznym ćwiczeniom fizycznym [1]. Związek pomiędzy przeciążeniami narządu ruchu, a złamaniami udowodnił następnie w 1921 r. S. Deutschlander [2].

Najczęściej złamania dotyczą kości piszczelowej (83%), kości stępu (10%), śródstopia (5%) oraz kości udowej (2%), jednak może wystąpić praktycznie w każdej kości włączając w to nawet kości kończyn górnych, żebra i łuki kręgow [1, 3-6].

Złamania zmęczeniowe występują najczęściej wśród zawodowych żołnierzy oraz wyczynowych sportowców. Uszkodzenia te stanowią według Fredericson'a od 1% do 20% stwierdzanych w poradnictwie sportowym (aż do 16% dolegliwości zgłaszanych przez biegaczy) [7-10].

Złamanie zmęczeniowe może prowadzić do silnych dolegliwości bólowych, znacznego ograniczenia aktywności fizycznej, a nawet przerwy w treningach oraz znacznych wydatków. Ponadto niewłaściwa diagnostyka i postępowanie terapeutyczne może skutkować powikłaniami w postaci progresji do całkowitego złamania, braku jego zrostu, przewlekłych dolegliwości bólowych czy niestabilności oraz skutkować koniecznością leczenia operacyjnego [4,11].

Etiopatogeneza

Przyczyną złamań przeciążeniowych są powtarzające się submaksymalne obciążenia przekraczające możliwości adaptacyjne zdrowej kości. Do złamania zmęczeniowego nie prowadzi ostry uraz sportowy, co znacząco odróżnia je od innych typów złamań.

Mikrouszkodzenia kości powstające wskutek aktywności fizycznej i treningu w normalnych warunkach naprawiane są w procesie naturalnego remodelingu kości. Tak więc złamania zmęczeniowe powstają, gdy powtarzające się mikrouszkodzenia kości nie zdążą się przebudować [10,12,13].

Występowanie

Do złamań zmęczeniowych dochodzi z podobną częstotliwością u dzieci i młodzieży jak i u osób dorosłych uprawiających sport charakteryzujący się dużymi obciążeniami treningowymi. Przez wiele lat złamania zmęczeniowe rozpoznawano najczęściej u chłopców, jednak ostatnie doniesienia mówią o odwracającym się trendzie i wzroście ich występowania wśród dziewcząt i kobiet. Badanie Wentz'a przeprowadzone w 2011 r. wśród sportowców oraz żołnierzy wykazało, że złamanie zmęczeniowe występuje częściej u kobiet [9]. W populacji kobiet zawodowo służących w wojsku występują u 9,2% w porównaniu do 3% stwierdzanych

wśród zawodowych żołnierzy. Podobne statystyki dotyczą również kobiet wyczynowo uprawiających sport, u których złamania mają miejsce w 9,7% przypadków, natomiast u zawodników płci męskiej odsetek ten jest mniejszy i wynosi 6,5% [8,9].

W literaturze wyodrębnia się dwa typy złamań zmęczeniowych – z przeciążenia oraz niedoborowe [12,14]. Do zidentyfikowanych czynników predysponujących do wystąpienia złamania zmęczeniowego typu pierwszego zalicza się nadmierne zwiększenie obciążenia układu kostno-stawowego oraz brak odpowiedniego okresu regeneracji pomiędzy kolejnymi jednostkami treningowymi. Zwiększenie czasu treningu powyżej 8 godzin tygodniowo podwajało ryzyko wystąpienia złamania zmęczeniowego w porównaniu do osób trenujących 4 godziny tygodniowo [8]. Także niewłaściwe osie kości (szpotawość, koślawość) powodujące zmiany mechaniki kończyny dolnej, w połączeniu z nadmiernym obciążeniem zwiększają ryzyko wystąpienia przeciążeń i kumulacji mikrouszkodzeń.

Nie bez znaczenia pozostaje rodzaj uprawianego sportu. Liczne badania podkreślają wzrost częstości występowania złamań wśród biegaczy, szczególnie długodystansowych oraz w dyscyplinach skocznościowych. Należy również wspomnieć o asymetrycznych dyscyplinach sportu takich jak tenis, golf czy wiosłowanie na kanadyjkach, które również zwiększają ryzyko występowania powtarzających się przeciążeń [15]. Typowe miejsca lokalizacji złamań przeciążeniowych w zależności od uprawianej dyscypliny sportu zestawiono w tabeli 1. Ponadto, źle dobrany sprzęt sportowy czy nieprawidłowa technika wykonywania ćwiczeń, a co za tym idzie nazbyt często powtarzające się mikrourazy mogą znacząco podnosić ryzyko wystąpienia złamania zmęczeniowego [5,8,9,16,17].

Złamania przeciążeniowe powstają także w wyniku zaburzeń metabolicznych, głównie z powodu niedoboru hormonów, osteoporozy, braku odpowiedniego odżywiania czy też zaburzeń ukrwienia. Wśród czynników zwiększających ryzyko są również płeć żeńska, choroby przewlekłe, otyłość oraz obciążenia rodzinne w postaci niskiej gęstości kości [18].

Złamania zmęczeniowe wykrywa się coraz częściej wśród młodych kobiet uprawiających sporty wytrzymałościowe. Nadmierne obciążający program treningowy w połączeniu z dietą nie pokrywającą zwiększonego zapotrzebowania energetycznego organizmu prowadzi do zaburzeń łaknienia, miesiączkowania, zaburzeń hormonalnych (spadek poziomu estrogenów, dysfunkcja kortyzolu i leptyny) oraz osteopenii [8,9,12]. W 1992 roku opisano ten zespół jako „triadę zawodniczek”. Uaktualniona w 2007 roku definicja określa triadę jako współwystępowanie objawów związanych z małą podażą energii w stosunku do zapotrzebowania, co powoduje zaburzenia żywieniowe (anoreksja), dysfunkcję miesiączkowania

Tabela 1. Lokalizacje złamań zmęczeniowych w zależności od uprawianej dyscypliny

Lokalizacja złamania	Rodzaj aktywności
Śródstopie	Piłka nożna, koszykówka, gimnastyka, balet, trening wojskowy [19]
Śródstopie, piąta kość	Tenis [20], balet
Trzeszczka kości śródstopia	Bieganie, balet, koszykówka, łyżwiarstwo
Kość skokowa	Skok o tyczce
Kość piętowa	Trening wojskowy, bieganie, areobik
Kość strzałkowa	Bieganie dyscypliny skocznościowe, balet, dyscypliny ciężarowe [19]
Kość piszczelowa	Bieganie, balet
Rzepka	Bieganie, bieg przez płotki
Szyjka kości udowej	Biegi długodystansowe, trening wojskowy [21]
Kręgi kręgosłupa	Gimnastyka, balet, krykiet, siatkówka, skoki do wody, piłka nożna
Klatka piersiowa, żebra	Pływanie [22], golf [23], wioślarstwo [24]
Mostek	Zapasy [25]
Kość łokciowa	Siatkówka, sporty rakietowe
Wyrastek łokciowy	Baseball

(amenorrhea) oraz niską gęstość mineralną kości (osteopenia) [26,27]. Patologia ta najczęściej dotyczy młodych kobiet trenujących sporty estetyczne takie jak gimnastykę, taniec, oraz wytrzymałościowe np. biegi długodystansowe czy pływanie. Ostatnie badania wykazują, że 36% młodych dziewcząt uprawiających sport ma problemy z wyrównaniem zapotrzebowania energetycznego organizmu. Od 19% do 54% z nich miesiączkuje nieregularnie, a 13% do 19% ma niską gęstość kości. Aż u 15% z nich można zdiagnozować dwa spośród trzech komponentów triady [27].

Objawy kliniczne i badanie fizykalne

Objawy złamania zmęczeniowego nie są charakterystyczne. Najczęstsze to: ból w okolicy złamania niezwiązany z urazem, umiarkowana tkliwość podczas palpacji, mierne ocieplenie z towarzyszącym obrzękiem i delikatnym zatarciem obrysów kończyny [28,29]. Dolegliwości zazwyczaj pojawiają się dopiero pod koniec wysiłku lub po jego zaprzestaniu, co różnicuje go z uszkodzeniami tkanek miękkich, które dają dolegliwości bólowe z opóźnieniem – kilkanaście godzin po zaprzestaniu wysiłku i ustępują wraz z jego początkiem. W początkowym okresie dolegliwości te mogą pojawiać tylko w związku ze zwiększoną aktywnością fizyczną, z czasem mogą się jednak nasilać, trwać dłużej po zaprzestaniu wysiłku, aż w końcu trwać ciągle i upośledzać wykonywanie czynności dnia codziennego. Z uwagi na mało specyficzne, nieznacznie nasilone dolegliwości bólowe oraz brak urazu zawodnicy zgłaszają się do lekarza najczęściej dopiero po paru tygodniach od momentu ich wystąpienia. W wywiadzie zgłaszają zwiększenie objętości treningowych, zmianę rodzaju wysiłku oraz dolegliwości bólowe trwające długo po zaprzestaniu, a nie w czasie trwania wysiłku [13,30]. Nasilone do-

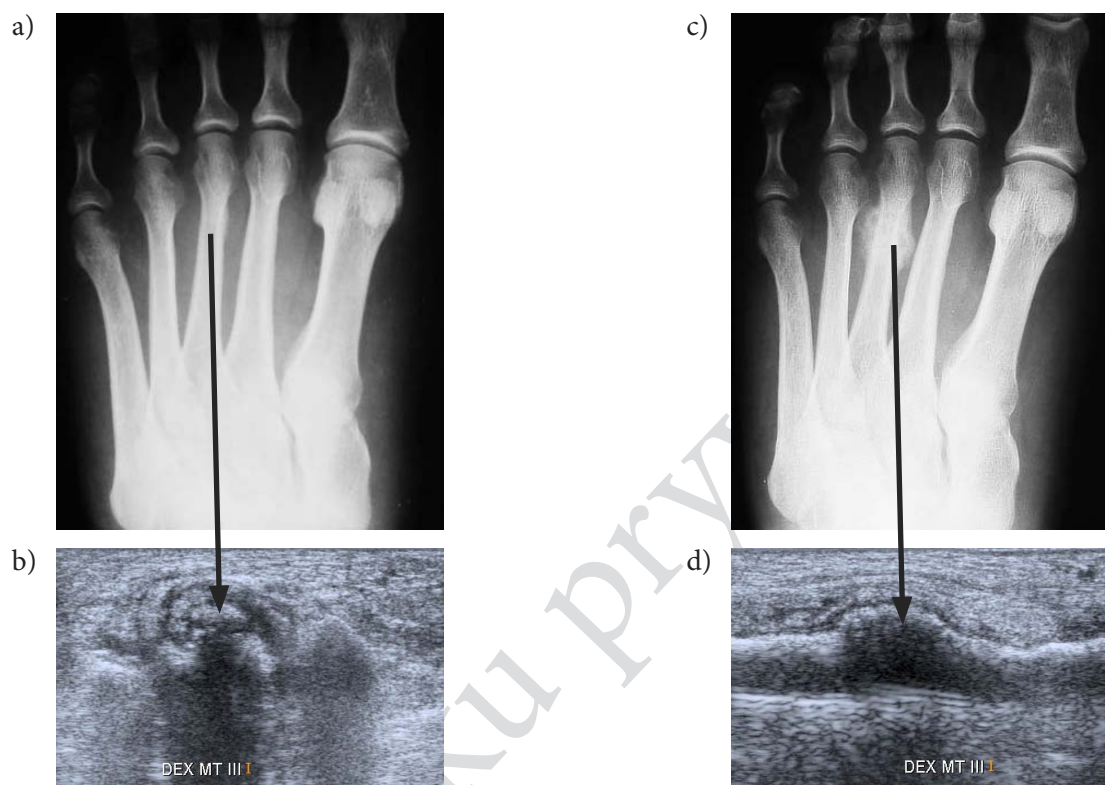
legliwości zaburzają codzienną aktywność chorego, a nawet uniemożliwiają obciążanie chorej kończyny.

Diagnostyka radiologiczna i obrazowa

Standardem diagnostycznym jest badanie rezonansem magnetycznym (MRI), którego czułość i swoistość sięga 88%, co w porównaniu do tomografii komputerowej (TK) i scyntygrafii kości czyni je najlepszym narzędziem diagnostycznym. MRI pozwala na dokładną identyfikację miejsca złamania i jego rozległości. Należy jednak pamiętać, że w diagnostyce warto uwzględnić wyniki badania Bergman et al [31], którzy przebadali 21 asymptomatycznych biegaczy, wśród których 43% miało w badaniu MRI cechy przeciążenia kości piszczeli, ale u żadnego z nich, w okresie obserwacji liczącym od 12 do 48 miesięcy, nie rozwinęły się objawy złamania zmęczeniowego [16,17,32-34].

W rozpoznaniu pomocne może być także badanie USG, którego czułość i swoistość wynoszą odpowiednio 86,05% oraz 77,27%, co jest wynikiem zbliżonym, aczkolwiek nieco gorszym niż MRI. Jego duża dostępność, bezpieczeństwo oraz niski koszt sprawiają, że jest wartościowym uzupełnieniem podstawowej diagnostyki. W obrazie złamania zmęczeniowego w badaniu charakterystyczne są cechy obrzęku tkanek miękkich, pogrubienia okostnej, przerwania warstwy korowej kości oraz wzmożony przepływ w okostnej w badaniu Doppler. Dzięki łatwości wykonania i jego powtarzalności wykorzystuje się je również w monitorowaniu przebiegu leczenia [35,36].

Badanie radiologiczne (RTG), wykonywane rutynowo w celu wykluczenia innych patologii i złamań, może nie uwidocznić złamania przeciążeniowego przez okres nawet 2-8 tygodni od wystąpienia dolegliwości. Aż dwie trzecie wykonywanych badań RTG jest negatywne, a czułość radiogramów określa się poniżej



Ryc. 1. Porównanie metod obrazowych złamania przeciężeniowego III kości śródstopia. We wczesnym stadium złamania badanie RTG śródstopia (a) nie uwidacznia zmian pourazowych, podczas gdy w badaniu USG (b) widoczna jest nierówność warstwy korowej z towarzyszącą ziarniną okostnową. W badaniu kontrolnym po 4 tyg w RTG (c) widoczny jest nasilony odczyn okostnowy, a w USG (d) tworząca się kostnina, co przemawia co przebytym (dokonanym) złamaniem.



Ryc. 2. Porównanie metod obrazowych złamania przeciężeniowego kości gąbczastej. We wczesnym stadium badanie RTG może nie wykazywać, żadnych nieprawidłowości (a) lub uwidoczniać jedynie niewielkie obszary sklerotyzacji / zatarcia struktury beleczek kostnych (b), podczas gdy badanie MRI uwidoczniać może rozlany obrzęk szpiku kostnego (c) i/lub obszary sklerotyzacji odpowiadające złamaniu / infrakcji beleczek kostnych (d).

Ryc. 1, 2 – udostępnione dzięki uprzejmości dr n. med. J. Niemunis-Sawickiej

10% we wczesnych okresach po złamaniu, która rośnie od 30 do 70% w późniejszych stadiach. Typową zmianą widoczną na zdjęciu RTG jest ogniskowa reakcja okostnowa. Natomiast badanie TK jest przydatne w przypadku niejednoznacznych obrazów RTG, czy przy braku dostępności MRI (Ryc. 1, 2).

TK pozwala na odróżnienie reakcji stresowych kości na obciążenie od złamania. Przydatne jest również do oceny złamań zmęczeniowych wysokiego ryzyka takich jak złamanie szyjki kości udowej, kości łódkowatej stępu, warstwy korowej przedniej powierzchni kości piszczelowej, które mogą wymagać agresywniejszego postępowania leczniczego [2].

Scyntygrafia kości jest badaniem o bardzo dużej czułości, bo sięgającej aż 74-100%, pozwala również na wykrycie złamania zmęczeniowego na wczesnym etapie już po 3 do 5 dni od wystąpienia dolegliwości. Jednakże bardzo wysoka dawka promieniowania, duży koszt oraz trudności w dostępności samego badania spowodowały, że nie znalazła ona zastosowania w dzisiejszej diagnostyce [29].

Diagnostyka obrazowa określająca zaawansowanie przeciążenia odgrywa kluczową rolę w podejmowaniu decyzji o dalszym postępowaniu. Wczesne rozpoznanie istotnie wpływa na długość leczenia i rehabilitacji oraz czas powrotu do normalnej aktywności fizycznej. W badaniu przeprowadzonym przez Fukushima wykazano, że w grupie pacjentów poniżej 20 roku życia ze złamaniem zmęczeniowym kości piszczelowej wczesne rozpoznanie, poniżej 3 tygodni od początku wystąpienia objawów, skutkowało skróceniem czasu powrotu do sportu do 10.4 tygodnia w porównaniu do grupy z diagnozą postawioną później niż w 3 tygodnie, kiedy to na powrót do sportu potrzeba było 18.4 tygodnia [37].

Klasyfikacja

Nie istnieje jeden uniwersalny system klasyfikacji złamań zmęczeniowych. Literatura podaje kilka różnych systemów klasyfikacji, które najczęściej dzielą złamania pod względem miejsca ich występowania, ale nie uwzględniają jednak danych klinicznych, prognostycznych i nie wpływają na decyzję co do sposobu leczenia [31,38]. Najbliższy praktyce klinicznej jest podział złamań zmęczeniowych na te o wysokim i niskim ryzyku. Podział ten ma istotne znaczenie w procesie podejmowania decyzji terapeutycznych i ustalania czasu powrotu do normalnej aktywności fizycznej. Złamania o wysokim ryzyku obejmują te z możliwością progresji do całkowitego złamania, powikłań w postaci braku zrostu, opóźnienia zrostu, potrzeby leczenia operacyjnego lub złamań występujących po stronie większego obciążenia fizjologicznej osi kości. Do wysokiego ryzyka zaliczamy złamania piątej kości śródstopia, przedniej powierzchni kości piszczelowej, kości łódkowatej stępu, szyjki kości udowej, rzepki, kostki przyśrodkowej, szyjki kości skokowej, trzeszczki pierwszej kości śródstopia [2,39]. Podział na złamania wysokiego i niskiego ryzyka wraz z przykładami przedstawia tabela nr 2. Złamania niskiego ryzyka zwykle dobrze odpowiadają na leczenie zachowawcze.

W klasyfikacji złamań najczęściej używany jest system Fredericson'a opierający się na wynikach badania MRI złamania zmęczeniowego piszczeli [16]. W tym systemie stopień 1 odpowiada okostnowemu obrzękowi kości, a stopień 2 obrzękowi szpiku kostnego widocznego w sekwencji T2-zależnych. Z kolei do złamań stopnia 3 zaliczamy obrazy obrzęku szpiku kostnego widoczne zarówno w sekwencji T2-zależnych i T1-zależnych. Stopień 4 to wewnątrzkorowe nieprawidłowości sygnału.

Tabela 2. Złamania niskiego i wysokiego ryzyka według klasyfikacji Fredericson'a na podstawie obrazu MRI według własnej modyfikacji [28]

Złamania niskiego ryzyka	Złamania wysokiego ryzyka
Leczenie zachowawcze	Ryzyko całkowitego złamania
Nie wymagają leczenia operacyjnego	Ryzyko braku zrostu
Kompresyjne złamania zmęczeniowe	Ryzyko opóźnionego zrostu
Przykłady:	Ryzyko leczenia operacyjnego
– Trzon kości udowej	Wymaga odciążenia
– Przyśrodkowa część kości piszczelowej	Złamania napięciowe
– Kość strzałkowa	Przykłady
– Kość piętowa	– V kość śródstopia
– I–IV kość śródstopia	– Przednia powierzchnia kości piszczelowej
	– Kość łódkowata stępu
	– Szyjka kości udowej
	– Rzepka
	– Trzeszczka I kości śródstopia

Tabela 3. Średni czas powrotu do aktywności w przypadku złamania zmęczeniowego, według ciężkości i ryzyka złamania na podstawie Dobrindt et al. [8,20]

Ryzyko/stopień złamania zmęczeniowego	Średnia (dni)	Mediana (dni)	Q=25 (dni)	Q=75 (dni)
Małe ryzyko, mały stopień	61	50	35	78
Małe ryzyko, duży stopień	153	86	64	164
Duże ryzyko, mały stopień	135	70	63	132
Duże ryzyko, duży stopień	131	89	72	124

Postępowanie

Kluczową rolę w leczeniu złamania zmęczeniowego odgrywa całkowita przerwa w aktywności fizycznej. Większość pacjentów ze złamaniem z przeciążenia potrzebuje około 8 tygodni na powrót do sprawności przy wdrożeniu leczenia zachowawczego, a tylko niewielki procent wymaga chirurgicznej interwencji. Rzadko też stosuje się całkowite unieruchomienia w postaci gipsu, gdyż wystarczające jest odciążenie kończyny. Dwuetapowy protokół rehabilitacyjny opracowany przez Andrisha jest stosowany dla większości złamań zmęczeniowych niskiego ryzyka [30]. Etap pierwszy polega na zmniejszeniu bólu poprzez okłady z lodu, zabiegi fizjoterapeutyczne. Ważne są również doustne środki przeciwbólowe, jednak nie zaleca się stosowania niesteroidowych leków przeciwzapalnych (NLPZ), które negatywnie wpływają na proces gojenia się kości [10]. Zabroniony jest intensywny wysiłek fizyczny np. bieganie, natomiast aktywność podczas której możliwe jest odciążenie kończyny jak jazda na rowerze czy pływanie, które pomagają utrzymać wydolność organizmu, mają pozytywny wpływ na późniejszy proces rehabilitacji i powrotu do aktywności. Etap drugi protokołu rehabilitacyjnego zostaje wprowadzony, gdy pacjent nie odczuwa bólu przez 10-14 dni. Pod kontrolą lekarzy i fizjoterapeutów pacjent stopniowo wraca do pełnej aktywności sportowej. Następuje to poprzez sukcesywne zwiększanie ilości treningów jak i obciążeń. Rehabilitacja w kolejnym etapie polega na wzmacnianiu siły mięśni i zwiększaniu ich elastyczności. Zawsze jednak proces ten musi być limitowany granicą bólu. Zalecane jest stosowanie ćwiczeń stabilizujących całe ciało, zamiast izolowanych obejmujących jedynie miejsce uszkodzenia.

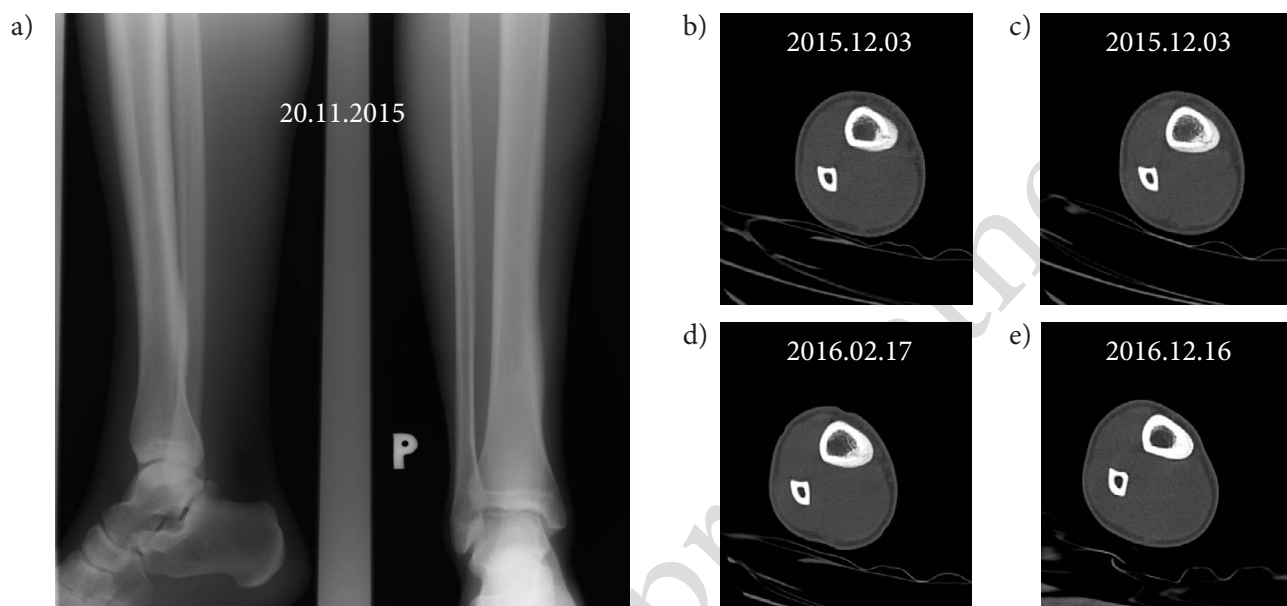
Dobrindt i współpracownicy w retrospektywnym badaniu przeanalizowali 52 przypadki złamania zmęczeniowego u sportowców i czas powrotu do sportu. Autorzy podzielili złamania pod względem lokalizacji na wysokiego lub niskiego ryzyka i same złamania tak samo na niskiego stopnia (brak linii złamania w obrazie MRI, obecny jedynie obrzęk szpiku kostnego w sekwencji T2-zależnej) i wysokiego stopnia (widoczna linia złamania lub obrzęk szpiku kostnego widoczny w sekwencji T1-zależnej i T2-zależnej) i zestawili je z czasem powrotu do aktywności sportowej [40]. Analiza wykazała, że czas powrotu do aktywności

złamań niskiego ryzyka znacząco różni się pomiędzy stopniami. Z kolei czas powrotu w przypadku złamań wysokiego ryzyka nie różni się znacząco pomiędzy niskim i wysokim stopniem złamania, co obrazuje tabela 3. Wcześniej postawiona diagnoza jest bardzo ważna, ponieważ może zapobiec przed progresją złamania niskiego stopnia do wyższego oraz uchronić przed przedłużonym postępowaniem terapeutycznym i skrócić czas powrotu do aktywności [28]. Bez względu na poziom ryzyka, złamania wysokiego stopnia powinny być pilnie zaopatrzone, by nie doszło u pacjenta do poważnych powikłań. Takie postępowanie skraca czas hospitalizacji i powrotu do sprawności. Również szacowany czas powrotu do uprawianego sportu odgrywa znaczącą rolę w procesie rehabilitacji u sportowców. Możemy tutaj użyć klasyfikacji na podstawie obrazu MRI. Arendt i współpracownicy w swoim retrospektywnym badaniu wykazali, że średni czas powrotu do sportu dla złamania zmęczeniowego stopnia 1 wynosił 3.3 tygodnia, 5.5 tygodnia dla stopnia drugiego i odpowiednio 11.4 tygodnie oraz 14.3 tygodnie dla stopnia 3 i 4 [41]. Na podstawie tych danych oraz badań obrazowych możliwe jest ustalenie leczenia oraz oszacowanie czasu powrotu do aktywności fizycznej.

Studium przypadków w praktyce poradni medycyny sportowej

W ciągu 15 lat funkcjonowania Poradni Medycyny Sportowej miały miejsce jedynie 3 przypadki złamań przeciążeniowych u młodych sportowców potwierdzone w badaniu TK po 4-6 tygodni od badania radiologicznego. Jednym z nich był zawodnik, który podczas rutynowych badań w Poradni w wywiadzie podał przebieg złamania przeciążeniowego rozpoznanego wcześniej przez specjalistę ortopedę, do którego zgłosił się po wystąpieniu początkowych objawów.

Kolejny przypadek dotyczył zawodnika który zgłosił się do rutynowego (co 6-miesięcy) badania w Poradni Medycyny Sportowej. Od kilku lat trenował piłkę nożną, a następnie w wieku 16/17 lat podjął uprawianie biegów średniodystansowych. Przez 1,5 roku treningów lekkiej atletyki pokonywał codziennie około 10km w ramach przygotowania do zawodów biegowych. W wywiadzie skarżył się na ból dolnej okolicy podudzia prawego, trwający od około 2 tygo-



Ryc. 3. Złamanie przeciężeniowe biegacza długodystansowego w poszczególnych metodach obrazowych.

a) Wyściowe badanie RTG uwidacznia niewielkie zgrubienie i nieregularność warstwy korowej 1/4 dalszej kości piszczelowej; b, c) uzupełniające badanie TK uwidocznia szczelinę pęknięcia oraz nierówną, pogrubiałą warstwę korową 1/4 dalszej kości piszczelowej; d) w kontrolnym badaniu TK po 2 miesiącach utrzymuje się niewielka szczelina pęknięcia z towarzyszącym odczynem okostnowym; e) kontrolne badanie TK po 12 miesiącach nie uwidacznia szczeliny pęknięcia; utrzymuje się pogrubienie i nierówność warstwy korowej w miejscu przebytego złamania.

dni, bez historii urazu tej okolicy. Dolegliwości bólowe pojawiły się po zakończonych ulicznych zawodach biegowych. Ból ustępował po zażyciu doraźnie paracetamolu, leczenie wspomagające polegało na zimnych okładach i maściach przeciwbólowych stosowanych miejscowo. W badaniu fizykalnym nie stwierdzono odchyśleń od normy. Kończyna dolna wykazywała prawidłową ruchomość czynną i bierną.

W zleconym badaniu RTG stwierdzono stan po liniowym pęknięciu warstwy korowej kości piszczelowej prawej. W związku z niejednoznacznym wynikiem badania RTG, zdecydowano o wykonaniu porównawczego badania TK obu podudzi, w którym uwidoczniono pogrubienie i zatarcie zarysu warstwy korowej przyśrodkowej powierzchni 1/4 dalszej kości piszczelowej prawej z pogrubieniem zarysu okostnej, który mógł odpowiadać krwiakowi podokostnowemu lub naciekowi zapalnemu. Nie uwidoczniono jednak przerwania ciągłości warstwy korowej. Wobec powyższych wyników zalecono jedynie przerwanie treningów, oszczędzanie kończyny, masaż lodem, doraźnie leki przeciwbólowe oraz badanie TK za 2 miesiące. W badaniu kontrolnym TK wykonanym po 2 miesiącach nadal widoczne jest zatarcie zarysu warstwy korowej przyśrodkowej powierzchni 1/4 dalszej kości piszczelowej prawej z pogrubieniem zarysu okostnej. Nie uwidoczniono przerwania ciągłości warstwy korowej, ani okostnej. Widoczne pasmo hipodensyjne mogło odpowiadać szczelinie pęknięcia kości.

Obraz niejednoznacznie sugerował złamanie zmęczeniowe. Ponownie zalecono odciążenie złamanej kończyny oraz dalsze zaprzestanie treningów. Powrót

do uprawiania sportu nastąpił po półrocznej przerwie. Szczegółową diagnostykę obrazową przedstawia rycina 3.

U zawodnika w krótkim czasie od wznowienia treningów pojawiły się podobne dolegliwości z kolei w 1/4 dolnej podudzia lewego. RTG podudzia nie wykazało zmian. Mimo tego, z powodu bólu przeciężeniowego (dużego prawdopodobieństwa podejrzenia „rodzącego” się złamania) zalecono zawodnikowi ponowną przerwę w treningach biegowych. Po 3 miesięcznej przerwie zawodnik podjął treningi. Po roku od potwierdzenia rozpoznania wykonano kontrolne badanie TK, w którym w miejscu wcześniejszego złamania zaobserwowano zgrubienie warstwy korowej kości. Szczeliny złamania nie uwidoczniono. W ciągu dalszej obserwacji nie doszło do nawrotu dolegliwości. Aktualnie zawodnik zmienił konkurencję i startuje w biegu na 400 metrów.

Ostatni zanotowany przypadek to podejrzenie złamania zmęczeniowego III kości śródstopia u zawodniczki w wieku 21 lat trenującej od 7 lat biegi przełajowe, która wcześniej od 6 roku życia trenowała pływanie. Badana należy do grupy ryzyka z obniżoną gęstością kości, ponieważ już w wieku 14-18 lat podczas okresu największego obciążenia treningowego u pacjentki zauważono niski poziom tkanki tłuszczowej poniżej 12% masy ciała oraz zaburzenia miesiączkowania. Pacjentka była konsultowana ginekologicznie i leczona hormonalnie. Gdy tylko objętość treningów zmniejszała się, następował powrót prawidłowego cyklu miesiączkowego. Trzy miesiące przed zdarzeniem zawodniczka zwiększyła intensywność treningów oraz przebiegany dystans z 5 do 10 km. Zintensyfikowała również okres

przygotowawczy włączając trening siłowy 2x na tydzień. Badana zaznaczyła znacznego stopnia zużycie sprzętu używanego do treningu – butów do biegania oraz kółców – które nie zapewniały już odpowiedniej amortyzacji. Według zawodniczki lewa kończyna dolna przez cały okres trenowania w subiektywnym odczuciu była „słabsza i gorsza”. Wcześniej po rozpoczęciu treningów biegowych wystąpił ból rozciągnięta stopy lewej, który wymusił przerwę od treningów. Dolegliwości ustąpiły po 10 zabiegach fizjoterapeutycznych. Obecnie na tydzień przed zawodami biegowymi podczas treningu chora odczuła nagły ból stopy, bez urazu. Po treningu ból oceniła na 6-7 w 10 stopniowej skali oraz zgłaszała uczucie sztywności stopy. Następnego dnia ból nieznacznie się zmniejszył, jednak po kolejnym treningu powrócił do podobnego poziomu. Ze względu na zbliżający się start w zawodach przez kolejne dwa dni zastosowano lżejszy trening oraz zasięgnęła porady fizjoterapeuty, który zastosował taping funkcjonalny, aby umożliwić start w biegu. Podczas zawodów, w czasie biegu przełajowego na 5 km, pacjentka nie odczuwała bólu, jednak po jego zakończeniu nastąpiło znaczne nasilenie dolegliwości bólowych. Od momentu tego startu przerwano treningi. Po zawodach w celu uśmierzania bólu pacjentka stosowała wyłącznie maści przeciwzapalne. Zawodniczka, bez konsultacji lekarskiej, zdecydowała się na kolejny cykl zabiegów pod opieką fizjoterapeuty, które polegały na laseroterapii wysokoenergetycznej i terapii manualnej przez 10 dni. Następnie podczas rutynowej wizyty kontrolnej u specjalisty medycyny sportowej w badaniu fizykalnym stwierdzono nieznaczny ból uciskowy oraz obecność zaczerwienienia, bez towarzyszącego obrzęku na skórze w okolicy III kości śródstopia kończyny dolnej lewej. W wykonanym RTG kości śródstopia nie wykazano zmian pourazowych ani innych patologii. Obraz kliniczny oraz czynniki ryzyka występowania triady zawodniczek u badanej upoważniły do rozpoznania złamania zmęczeniowego III kości śródstopia stopy lewej. Zalecono kontynuowanie przerwy w treningach oraz dalsze unieruchomienie stopy w bucie ortopedycznym tzw. „walkerze” na okres 3 tygodni. Po tym czasie badana nie odczuwała dolegliwości bólowych. W międzyczasie wdrożono interwencję żywieniową celem dostarczenia pacjentce odpowiedniej ilości kalorii w stosunku do beztłuszczowej masy ciała. Po dwóch miesiącach zezwolono na podjęcie stopniowego powrotu do treningów. Wykonane po 6 miesiącach porównywalne RTG śródstopia nie wykazało zmian potwierdzających przebieg złamania. U zawodniczki do dnia dzisiejszego nie zanotowano nawrotu dolegliwości.

Dyskusja

Zastanawia znikoma ilość złamań zmęczeniowych wśród badanych w Poradni Medycyny Sportowej w ciągu 15 lat. Co więcej zwraca uwagę brak badań

epidemiologicznych w literaturze krajowej w tym zakresie. Dostępne są tylko nieliczne prace o charakterze kazuistycznym [12,14,18,42,43] co świadczyć może o wyjątkowości rozpoznania złamań zmęczeniowych. Na tak małą ich ilość może mieć wpływ kilka czynników. Z jednej strony w Polsce wśród całej populacji dopiero powoli zaczyna się tzw. moda na bieganie. Z drugiej strony, można podejrzewać, że prawdopodobnie niektórzy aktywni biegowo w chwili wystąpienia dolegliwości bólowych przerywają trening i nie pojawiają się w poradniach urazowo-ortopedycznych. Natomiast na występowanie złamań zmęczeniowych u sportowców, co pokazuje przegląd piśmiennictwa ma szczególny wpływ przede wszystkim wiek badanych, intensywność treningów oraz dyscyplina sportowa [7-9,13,15,19,21]. W Poradni Medycyny Sportowej większość badanych to dzieci i młodzież do 14-16 lat trenująca przede wszystkim piłkę nożną 2-3 razy w tygodniu. Z kolei spostrzeżenia z piśmiennictwa wskazują na podwojenie ryzyka wystąpienia złamań zmęczeniowych dopiero przy objętości treningu powyżej 8 godzin tygodniowo [7], szczególnie u osób trenujących biegi długodystansowe [13,25,29,34,44]. Tak właśnie było w opisanym przypadku, kiedy to badany zmienił dyscyplinę z piłki nożnej na biegi długodystansowe oraz zwiększył istotnie liczbę treningów do 5-7 razy tygodniowo. Podobna sytuacja, jeśli chodzi o objętość treningową, była w drugim opisanym przypadku. Ponadto badana zawodniczka była w grupie ryzyka nie tylko jeśli chodzi o płeć, ale także demonstrowała objawy triady zawodniczek, w której przebiegu finalnie często dochodzi do złamań zmęczeniowych.

Zgodnie z piśmiennictwem standardem diagnostycznym w rozpoznawaniu złamania zmęczeniowego jest badanie MRI [24]. Niestety, w Poradni Medycyny Sportowej jak i Ortopedycznej, nie było ono dostępne do wykonania w krótkim czasie lub wiązało się z wysokimi kosztami ze strony badanych. W związku z tym w obu przypadkach podstawą rozpoznania stanowił wywiad lekarski, objawy kliniczne oraz badanie RTG, które pozwoliło wykluczyć inne patologie. Postępowanie polegające na radykalnym przerwaniu treningu biegowego okazało się kluczowe w terapii, zapobiegło złamaniu zmęczeniowemu w drugiej kończynie biegacza [23]. Zasadność takiego rozpoznania w opisanych przypadkach potwierdziły kontrolne badania TK. Z kolei w przypadku biegaczki nie można wykluczyć, że usprawiedliwiona objawami triady przerwa w treningach uchroniła ją także przed rozwinieniem złamania zmęczeniowego.

Reasumując, wprawdzie badania obrazowe, a w szczególności MRI dają pewne potwierdzenie rozpoznania złamania zmęczeniowego, to jednak starannie przeprowadzony wywiad lekarski oraz objawy kliniczne są zasadne do podjęcia decyzji o przerwaniu

treningów, która jest podstawą w zapobieganiu w rozwinięciu pełnoobjawowego złamania.

Wnioski

W przypadku złamania zmęczeniowego w fazie początkowej mamy do czynienia z bardzo słabo nasilonymi objawami lub nawet ich brakiem.

Dobrze zebrany wywiad i szczegółowe badanie fizykalne może prowadzić do rozpoznania złamania zmęczeniowego, a w przypadku braku dostępności do poszerzonej diagnostyki obrazowej jest podstawą do wdrożenia właściwego postępowania. Złotym standardem diagnostycznym jest badanie rezonansu magnetycznego.

U kobiet zgłaszających się do lekarza z podejrzeniem złamania zmęczeniowego warto rozważyć diagnostykę w kierunku triady zawodniczek, jej zdiagnozowanie i leczenie, które może skutecznie zapobiec powikłaniom zarówno w aspektach sportowych jak i codziennego funkcjonowania.

Kontynuacja aktywności fizycznej może prowadzić do dalszej kumulacji mikrourazów skutkującej pogłębieniem złamania, większym ryzykiem powikłań i dłuższą przerwą w treningach.

Leczenie złamania zmęczeniowego polega na zaprzestaniu treningów i odciążeniu miejsca złamania. W celu opanowania dolegliwości bólowych zaleca się stosowanie okładów z lodu oraz leków miejscowo działających zawierających substancje przeciwzapalne i przeciwbólowe z grupy NLPZ, w tym głównie ketoprofen.

W późniejszym etapie zaleca się rehabilitację prowadzoną pod nadzorem lekarza specjalisty w dziedzinach ortopedii, medycyny sportowej lub rehabilitacji medycznej.

Stosując jeden rodzaj treningu czy aktywności fizycznej ograniczamy czas niezbędny na przebudowę tkanki kostnej i dostosowanie jej do zwiększających się obciążeń. Racjonalny trening z okresami przerw lub zmian rodzaju wysiłku może być skutecznym elementem prewencji pierwotnej złamań zmęczeniowych.

Rozsądny i kontrolowany wysiłek fizyczny oraz wzmocnienie aparatu mięśniowego stabilizującego układ kostny, korzystanie z prawidłowego obuwia, zbilansowana dieta dostosowana do objętości wysiłku fizycznego oraz czujność wobec nawet dyskretnych objawów mogą zmniejszać ryzyko wystąpienia złamań przeciążeniowych i ich powikłań.

Piśmiennictwo/References

1. Haddad SF, Poduval M, Czajka CM. Stress fracture. *Medscape* updated Apr 04, 2018. <https://emedicine.medscape.com/article/1270244-overview> (dostęp 1.06.2018).
2. Bennell KL, Malcolm SA, Wark JD, Brukner PD. Models for the pathogenesis of stress fractures in athletes. *Br J Sports Med* 1996; 30: 200-4.
3. Boden BP, Osbahr DC. High-risk stress fractures: evaluation and treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 2000; 8(6): 344-53.
4. Matheson GO, Clement DB, McKenzie DC, Taunton JE, Lloyd-Smith DR, MacIntyre JG. Stress fractures in athletes. A study of 320 cases. *Am J Sports Med* 1987; 15(1): 46-58.
5. Patel DS, Roth M, Kapil N. Stress fractures: diagnosis, treatment, and prevention. *Am Fam Physician* 2011; 83(1): 39-46.
6. Miller TL, Harris JD, Kaeding CC. Stress fractures of the ribs and upper extremities: causation, evaluation, and management. *Sports Med* 2013; 43(8): 665-74.
7. Fredericson M, Jennings F, Beaulieu C, Matheson GO. Stress fractures in athletes. *TMRI* 2006; 17: 309-25.
8. Yin-Ting Chen, Adam S. Tenforde, and Michael Fredericson. Update on stress fractures in female athletes: epidemiology, treatment, and prevention. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2013; 6(2): 173-81.
9. Wentz L, Liu PY, Haymes E, Ilich JZ. Females have a greater incidence of stress fractures than males in both military and athletic populations: a systemic review. *Mil Med* 2011; 176(4): 420-30.
10. Uthgenannt BA, Kramer MH, Hwu JA, Wopenka B, Silva MJ. Skeletal self-repair: stress fracture healing by rapid formation and densification of woven bone. *J Bone Miner Res* 2007; 22(10): 1548-56.
11. Kilcoyne KG, Dickens JF, Rue JP. Tibial stress fractures in an active duty population: long-term outcomes. *J Surg Orthop Adv* 2013; 22(1): 50-3.
12. Górski R, Żarek S, Modzelewski P, Górski R, Małydyk P. Stress fractures of tibia treated with Ilizarov external fixator. *Pol Orthop Traumatol* 2016; 4(6): Vol. 18: 337-47.
13. Bennell KL, Malcolm SA, Thomas SA, Ebeling PR, McCrory PR, Wark JD, Brukner PD. Risk factors for stress fractures in female track-and-field athletes: a retrospective analysis. *Clin J Sport Med* 1995; 5(4): 229-35.
14. Górski R, Żarek S, Modzelewski P, Dąbrowski F. Bilateral fatigue fractures of the bones of both crural in a patient with a history of abuse of alcohol and psychoactive substances treated with Ilizarov external fixator apparatus. *Pol Orthop Traumatol* 2014; 79: 123-31.
15. Lin HC, Chou CS, Hsu TC. Stress fractures of the ribs in amateur golf players. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi (Taipei)* 1994; 54(1): 33-7.
16. Myburgh KH, Hutchins J, Fataar AB, Hough SF, Noakes TD. Low bone density is an etiologic factor for stress fractures in athletes. *Ann Intern Med* 1990; 113(10): 754-9.
17. Bennell KL, Malcolm SA, Thomas PR, Reid SJ, Brukner PD, Ebeling PR et al. Risk factors for stress fractures in female athletes: a twelve month prospective study. *Am J Sports Med* 1996; 24: 810-18.
18. Maczuch J, Nowak P, Skupiński J, Piechota M, Babińska A, Wawrzynek W. Stress fracture of the acetabulum. *Przypadki Medyczne* 2016; 78: 361-67.
19. Portland G, Kelikian A, Kodros S. Acute surgical management of Jones' fractures. *Foot Ankle Int* 2003; 24(11): 829-33.
20. Dobrindt O, Hoffmeyer B, Ruf J, Seidensticker M, Steffen IG, Fischbach F, et al. Estimation of return-to-sports-time for athletes with stress fracture - an approach combining risk level of fracture site with severity based on imaging. *BMC Musculoskelet Disord* 2012; 13: 139.
21. Berger FH, de Jonge MC, Maas M. Stress fractures in the lower extremity. The importance of increasing awareness amongst radiologists. *Eur J Radiol* 2007; 62(1): 16-26.
22. Arendt E, Agel J, Heikes C, Griffiths H. Stress injuries to bone in college athletes: a retrospective review of experience at a single institution. *Am J Sports Med* 2003; 31: 959-68.
23. Fredericson M, Bergman AG, Hoffman KL, Dillingham MS. Tibial stress reaction in runners. Correlation of clinical symptoms and scintigraphy with a new magnetic resonance imaging grading system. *Am J Sports Med* 1995; 23(4): 472-81.
24. Kurklu M, Ozboluk S, Kilic E, Tatar O, Ozkan H, Basbozkurt M. Stress fracture of bilateral tibial metaphysis due to ceremonial march training: a case report. *Cases J* 2010; 3: 3.
25. Balias R, Pedret C, Estruch A, Hernández G, Ruiz-Cotorro A, Mota J. Stress fractures of the metacarpal bones in adolescent tennis players: a case series. *Am J Sports Med* 2010; 38(6): 1215-20.

26. Javed A, Tebben PJ, Fischer PR, Lteif AN. Female athlete triad and its components: toward improved screening and management. *Mayo Clin Proc* 2013; 88(9): 996-1009.
27. Rachel Chamberlain. The Female Athlete Triad: Recommendations for Management. *Am Fam Physician* 2018 15; 97(8): 499-502.
28. Leamor Kahanov, Lindsey E Eberman, Kenneth E Games, Mitch Wasik. Diagnosis, treatment, and rehabilitation of stress fractures in the lower extremity in runners. *Open Access J Sports Med* 2015; 6: 87-95.
29. Diego Costa Astur, Fernando Zanatta, Gustavo Gonçalves Arliani, Eduardo Ramalho Moraes, Alberto de Castro Pochini, and Benno Eijnisman. Stress fractures: definition, diagnosis and treatment. *Rev Bras Ortop* 2016; 51(1): 3-1.
30. Reeder MT, Dick BH, Atkins JK, Pribis AB, Martinez JM. Stress fractures. Current concepts of diagnosis and treatment. *Sports Med* 1996; 22(3): 198-212.
31. Gaeta M, Minutoli F, Scribano E, Ascenti G, Vinci S, Bruschetta D et al. CT and MR imaging findings in athletes with early tibial stress injuries: comparison with bone scintigraphy findings and emphasis on cortical abnormalities. *Radiology* 2005; 235: 553-61.
32. Liem BC, Truswell HJ, Harrast MA. Rehabilitation and return to running after lower limb stress fractures. *Curr Sports Med Rep* 2013; 12(3): 200-7.
33. Ziltener JL, Leal S, Fournier PE. Non-steroidal anti-inflammatory drugs for athletes: an update. *Ann Phys Rehabil Med* 2010; 53(278-82): 82-8.
34. Andrish JT. The leg. W: Delee JC, Drez DJr (red.) *Orthopedic Sports Medicine: Principle and Practice*. Philadelphia, PA: WB Saunders; 1994, 1603-31.
35. Rao A, Pimpalwar Y, Sahdev R, Sinha S, Yadu N. Diagnostic Ultrasound: An Effective Tool for Early Detection of Stress Fractures of Tibia. *J Arch Mil Med* 2017; 5(2): e57343.
36. Amoako A, Abid A, Shadiack A, Monaco R. Ultrasound-Diagnosed Tibia Stress Fracture: A Case Report. *Clinical Medicine Insights: Arthritis and Musculoskeletal Disorders* 2017; 10: 1-3.
37. Kijowski R, Choi J, Shinki K, Del Rio AM, De Smet A. Validation of MRI classification system for tibial stress injuries. *AJR* 2012; 198(4): 878-84.
38. Bergman AG, Fredericson M, Ho C, Matheson GO. Asymptomatic tibial stress reactions: MRI detection and clinical follow-up in distance runners. *AJR* 2004; 183: 635-38.
39. Beck BR, Bergman AG, Miner M, Arendt EA, Klevanksy AB, Matheson GO et al. Tibial stress injury: relationship of radiographic, nuclear medicine bone scanning, MR imaging, and CT Severity grades to clinical severity and time to healing. *Radiology* 2012; 263: 811-18.
40. Fukushima M, Mutoh Y, Takasugi S, Iwata H, Ishii S. Characteristics of stress fractures in young athletes under 20 years. *J Sports Med Phys Fitness* 2002; 42: 198-206.
41. Brukner P, Bradshaw C, Khan KM, White S, Crossley K. Stress fractures: a review of 180 cases. *Clin J Sport Med* 1996; 6(2): 85-9.
42. Sułko J, Oberc A. Stress fractures in children. *Ortop Traumatol Rehabil* 2012; 14(6): 545-53.
43. Hładki W, Lorkowski J, Kotela I. Stress fracture of fourth metatarsal bone. *Ostry Dyżur* 2013; 3: 108-11.
44. Meardon SA, Willson JD, Gries SR, Kernozek TW, Derrick TR. Bone stress in runners with tibial stress fracture. *Clin Biomech* 2015; 30(9): 895-902.

Adres do korespondencji/Address for correspondence:

Wojciech Gawroński
Katedra Chorób Wewnętrznych i Gerontologii,
Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum
ul. Śniadeckich 10
31-553 Kraków
wojciech.gawronski@uj.edu.pl